

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pemanas air otomatis berbasis mikrokontroler telah berhasil dirancang dan direalisasikan menggunakan *Arduino mega 2560* sebagai pengendali utama, sensor *PT100* dengan modul *MAX31865* sebagai pembaca suhu, *SSR* sebagai pengendali *water heater*, serta *LCD* dan *keypad* sebagai antarmuka pengguna.
2. Sistem mampu bekerja secara otomatis dengan cara membaca suhu aktual air, membandingkannya dengan nilai *setpoint*, kemudian mengatur kerja *heater* melalui *SSR* berdasarkan hasil pengendalian yang digunakan.
3. Pada pengujian sistem tanpa *PID* dengan *setpoint* 40 °C, sistem menghasilkan *overshoot* sebesar 3,5%, suhu puncak sebesar 41,4 °C, *mean square error* sebesar 16,57, dan *settling time* belum tercapai. Hal ini menunjukkan bahwa kendali on/off sederhana masih memiliki kelemahan dalam menjaga kestabilan suhu air.
4. Berdasarkan hasil tuning *PID*, kombinasi parameter terbaik diperoleh pada nilai $K_p = 20$, $K_i = 0,05$, dan $K_d = 20$. Parameter tersebut menghasilkan *rise time* sebesar 103,3 detik, *settling time* sebesar 299,54 detik, *overshoot* sebesar 1%, suhu puncak sebesar 40,4 °C, dan *mean square error* sebesar 10,29.
5. Penerapan *PID controller* mampu meningkatkan kestabilan suhu air dibandingkan sistem tanpa *PID*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai

overshoot dan *mean square error* yang lebih kecil, serta sistem mampu mencapai kondisi stabil pada pengujian dengan parameter *PID* terbaik.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian alat, terdapat beberapa saran yang dapat digunakan untuk pengembangan sistem selanjutnya, yaitu:

1. Pada pengembangan berikutnya, disarankan menggunakan *heater* dengan daya variabel agar besar daya pemanasan dapat diatur secara lebih halus. Hal ini penting karena *heater* yang digunakan pada skripsi ini memiliki daya tetap, sehingga pengendalian hanya dilakukan dengan mengatur kondisi *ON* dan *OFF* melalui *SSR*. Dengan *heater* variabel, keluaran *PID* dapat digunakan untuk mengatur besar daya *heater* secara lebih proporsional sesuai kebutuhan pemanasan.
2. Sistem sebaiknya dilengkapi dengan sensor level air untuk memastikan bahwa tangki telah terisi penuh sebelum *heater* dinyalakan. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan keamanan alat, terutama karena posisi *heater* berada di bagian atas tangki dan harus terendam air saat sistem bekerja.
3. Sistem dapat dikembangkan dengan metode tuning *PID* yang lebih lanjut, seperti *Ziegler-Nichols* atau metode optimasi lainnya, agar diperoleh parameter *PID* yang lebih optimal dan respons sistem yang lebih stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 2025 Grand View Research, “*Water heater* Market Size & Share, Industry Report,” 2023.
- [2] P. Prasetyo, I. A. Komarudin, and D. A. Pracoyo, “Temperature Control System for *Water heater* with Servo Valve using *PID* Method Sistem Pengendalian Suhu Pada Pemanas Air Dengan Servo Valve Menggunakan Metode *PID*,” vol. 3, no. December, pp. 87–95, 2023.
- [3] “View of PENGARUH PARAMETER *PID* KONTROLER PADA ALAT PEMANAS AIR OTOMATIS.pdf.”
- [4] “View of Implementasi dan Pengujian Sistem Pemanas Air Otomatis Berbasis ESP32 dan Aplikasi Blynk.pdf.”
- [5] M. A. Fauzie, A. Muin, R. Kohar, and R. M. V, “KAJI EKSPERIMENTAL PENGGUNAAN *HEATER* LISTRIK,” vol. 11, pp. 135–142, 2023.
- [6] E. Julianto and M. Iwan, “DESIGN AND TEST THE PERFORMANCE OF THE *WATER HEATER* BY UTILIZING THE EXHAUST HEAT OF THE,” vol. 15, no. 2, pp. 707–717, 2024, doi: 10.21776/jrm.v15i2.1494.
- [7] A. Feyzioglu, “A Study on the Control System of Electric *Water heaters* for Decarbonization,” 2023.
- [8] A. Megido, E. Ariyanto, S. Vokasi, and U. Diponegoro, “Sistem kontrol suhu air menggunakan pengendali *PID*. dan volume air pada tangki pemanas air berbasis arduino uno,” vol. 18, no. 4, pp. 21–28, 2016.

- [9] M. S. Kurniawan, K. Wijaya, H. H. Purba, P. Studi, T. Industri, and U. M. Buana, "Implementasi Sistem Kendali Otomatis Pada Industri Manufaktur: Kajian Literatur Implementasi Sistem Kendali Otomatis Pada Industri Manufaktur: Kajian Literatur," no. 1, pp. 1–8.
- [10] J. Jurnal, T. Elektro, U. Darajat, and S. Istiqphara, "Sistem Kontrol Ketinggian Air pada Sistem Dua Tanki dengan Menggunakan Metode Proporsional *Integral* (PI) Adaptif," vol. 7, no. 1, pp. 37–44, 2021.
- [11] P. Vokasi, U. N. Surabaya, J. T. Mesin, F. Teknik, and U. N. Surabaya, "Muhammad Sefriza Toriq Hidayat Wahyu Dwi Kurniawan Abstrak," vol. 07, pp. 24–28, 2022.
- [12] B. Installations, "INFLUENCE OF TEMPERATURE SENSOR (*PT100*) ACCURACY ON THE INTERPRETATION OF EXPERIMENTAL RESULTS OF MEASURING TEMPERATURE ON THE SURFACE," vol. 34, no. 4, pp. 1–21, 2024, doi: 10.59440/ceer/192146.
- [13] A. Perec, "Intelligent Transducer for Temperature Measurement with Two-*Wire* or Three-*Wire* Platinum *RTD*," 2024.
- [14] P. A. Suriasni, F. Faizal, W. Hermawan, U. Subhan, C. Panatarani, and I. M. Joni, "IoT Water Quality Monitoring and Control System in Moving Bed Biofilm Reactor to Reduce Total Ammonia Nitrogen," pp. 1–15, 2024.
- [15] D. Hutajulu, V. R. Putra, S. Husni, and B. Tjahjono, "PROTOTYPE MONITORING SUHU," no. 9.

- [16] A. Monthly *et al.*, “International Journal of Innovative Research in Science Engineering and Technology (IJIRSET) RFID Token based Appointment Calling System,” vol. 14, no. 1, 2025, doi: 10.15680/IJIRSET.2025.1401096.
- [17] R. Maulana and U. N. Padang, “PROTOTYPE PENGISIAN BAHAN BAKAR DENGAN PAYMENT,” vol. 13, no. 1, pp. 120–128, 2025.
- [18] S. Xiang, H. Yang, and B. Cao, “An evaluation of domestic electric *water heaters* for frequency control,” vol. 2030, no. August, pp. 1–13, 2022, doi: 10.3389/fenrg.2022.962361.
- [19] V. F. Rahmadini, A. Ma, and N. S. Abu, “Design of *Water heater* Temperature Control System using *PID* Control,” vol. 1, no. 2, 2023, doi: 10.59247/csol.v1i2.41.
- [20] E. M. Savana, H. Nurdiansari, V. H. Kristanto, and J. Timur, “Otomasi Pengaturan Suhu *Water heater* Menggunakan Mikrokontroller dengan Media Paraffin Wax solusi yang inovatif dalam sistem pemanas air . Paraffin Wax memiliki kemampuan menyerap,” 2025.
- [21] A. K. Dewi, I. Sugirto, C. Nurin, N. A. Septiani, and E. M. Akamigas, “JurnalPolimesin,” vol. 22, no. 1, pp. 125–130, 2024.
- [22] J. Medina, K. Barros, W. Chamorro, and J. Ram, “Design and Construction of a Controlled Solid-State Relay with Variable Duty Ratio for DOMOTIC Applications †,” 2024.
- [23] V. Du Phan, X. H. Nguyen, and V. N. Dinh, “Development of an Adaptive Fuzzy-Neural *Controller* for Temperature Control in a

- Brick Tunnel Kiln,” 2024.
- [24] R. S. Patil, S. P. Jadhav, M. D. Patil, N. Mumbai, and C. Author, “Review of Intelligent and Nature-Inspired Algorithms-Based Methods for Tuning *PID Controllers* in Industrial Applications,” vol. 5, no. 2, pp. 336–358, 2024, doi: 10.18196/jrc.v5i2.20850.
- [25] D. E. Ardana, Y. Z. Maulana, and G. Wibisono, “Jurnal Nasional Teknik Elektro *Digital PID* Trainer Based On Arduino For DC Motor Speed Control With Ziegler Nichols Method,” vol. 3, 2025.
- [26] N. A. Selamat, A. Razi, S. Azalia, A. Shukor, and N. H. Shamsudin, “*PID controller* tuning performance evaluation based on *integral time square error* for coupled tank system,” vol. 15, no. 1, 2026, doi: 10.11591/eei.v15i1.9334.
- [27] F. Suryatini, N. W. Nugraha, and N. Lilansa, “MITOR : Jurnal Teknik Elektro,” pp. 177–183, 2025.